Über Schnallenbildung im Paarkernmyzel der Brandpilze

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Hohen Philosophischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Richard Seyfert
aus Suhl i. Thür.

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1927

Über Schnallenbildung im Paarkernmyzel der Brandpilze

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Hohen Philosophischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Richard Seyfert
aus Suhl i. Thür.

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1927

Referent: Prof. Dr. v. Guttenberg

Sonderabdruck aus »Zeitschrift für Botanik«, 19. Bd., Heft 10. 1927. Herausgeg. von Prof. Dr. Hans Kniep und Geh. Hofrat Prof. Dr. Friedrich Oltmanns. Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Die Entwicklungsgeschichte der Brandpilze.

Die wichtigsten Stadien der Entwicklungsgeschichte der Brandpilze, besonders die Keimung der Sporen und die weitere Entwicklung der Sporidien, sind durch die Untersuchungen Brefelds und durch eine Reihe von Arbeiten jüngeren Datums hinreichend geklärt und bekannt. Danach keimen die Sporen mit einem zylindrischen, gewöhnlich vierzelligen Promyzel, an dem länglichrunde Sporidien abgeschnürt werden, welche sich durch Sprossung lebhaft vermehren. Bei den meisten Brandpilzen kopulieren die Sporidien paarweise miteinander, wobei sie nach den Untersuchungen von Kniep (1919) und Bauch (1922) eine physiologische Geschlechtsdifferenzierung zeigen. Nach der Kopulation wandert der gesamte Plasmainhalt der einen Sporidie durch den Kopulationskanal in die andere über und von dieser aus oder an der Kopulationsbrücke entsteht ein längerer »Suchfaden«, der den gesamten Plasmainhalt der beiden Sporidien in sich aufnimmt und unter Abkammerung von Querwänden weiter wächst, bis es zur Infektion einer Wirtspflanze kommt. Innerhalb derselben breitet sich ein weitverzweigtes Paarkernmyzel aus, aus welchem die Brandsporen gebildet werden. Über das Zustandekommen des Paarkernmyzels bei den nicht kopulierenden Brandpilzen liegt bisher erst eine einzige Mitteilung vor, auf die später näher eingegangen werden soll.

Unsere Kenntnisse über das Myzel innerhalb der Wirtspflanze und über die morphologischen Einzelheiten der Aus-

bildung der Brandsporen gehen auf die ersten genaueren entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen von De Bary und seinen Schülern zurück. Die neueren Arbeiten gehen auf diese Punkte nur ganz vereinzelt ein oder sie beschränken sich auf eine kurze Bestätigung der älteren Angaben. Bei einer gelegentlichen Untersuchung der Sporenbildung von Doassansia Sagittariae zeigte es sich nun, daß im Myzel dieses Pilzes innerhalb der Wirtspflanze Schnallen in der für die Hymenomyzeten charakteristischen Ausbildung vorkommen, eine Tatsache, die für die Ustilagineen noch vollkommen unbekannt war. Oudemanns hatte zwar bei Ustilago Vuijckii das Vorkommen von Schnallen erwähnt, aber hier hatten diese durch Liro eine Deutung erfahren, die sie von den Hymenomyzeten-Schnallen streng unterschied. Da orientierende Untersuchungen an anderen Brandpilzen zeigten, daß Schnallenbildung im Myzel der Brandpilze weit verbreitet ist, wurde eine erneute Untersuchung des Myzels der Brandpilze unternommen.

Für die Überlassung dieses Befundes bin ich Herrn Dr. Bauch zu großem Danke verpflichtet. Die vorliegende Arbeit wurde während des Jahres 1925 bis zum Frühjahr 1926 im botanischen Institut der Universität Rostock angefertigt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor v. Guttenberg und Herrn Dr. Bauch für das rege Interesse und die Förderung, die sie meiner Arbeit zuteil werden ließen, ebenso für die liebenswürdige Überlassung von reichlichem Untersuchungsmaterial herzlichst zu danken.

Ustilago Vuijckii Oudemanns et Beyerinck.

Ein besonders wichtiges und wertvolles Objekt für meine Untersuchungen war Ustilago Vuijckii, der erste und bislang auch einzige Brandpilz, bei welchem das Vorkommen von Schnallen festgestellt worden ist. Nach seiner Entdeckung in Holland im Jahre 1894 durch Vuijck wurde er 1895 von Oudemanns beschrieben mit der Angabe, »daß die zwischen zwei unreifen Sporen ausgespannten Fäden gewöhnlich in ihrem Trajekt eine deutliche Schnalle« zeigen. Diese Mitteilung, die in einer ziemlich abgelegenen Zeitschrift erschien, blieb jedoch vollkommen unbeachtet, bis

sie durch die Untersuchungen Liros wieder in den Gesichtskreis der Forschung gerückt wurde. Liro hat aber diese »Schnallen« nicht den typischen Schnallen der Hymenomyzeten gleichgesetzt, sondern hat sie »als männliche Sexualzellen, d. h. als Antheridien« aufgefaßt, deren Kerne sporenbildende Zellen, Oogonien, befruchten sollen. Damit kommt er zu einer von der üblichen Darstellung vollkommen abweichenden Anschauung über die verwandtschaftlichen Beziehungen der Ustilagineen, indem er sie mit den Phycomyzeten und ganz besonders den Peronosporaceen und den Saprolegniaceen in systematische und wohl auch phylogenetische Verwandtschaft bringt. Die Auffindung dieses seltenen Pilzes in nächster Nähe von Rostock ermöglichte es uns, seine Angaben nachzuprüfen und zu seiner Deutung Stellung zu nehmen.

Die Ustilago Vuijckii bildet ihre Brandsporen in den reifenden Fruchtkapseln verschiedener Luzula-Arten aus. Die befallenen Kapseln unterscheiden sich von gesunden Kapseln in keiner Weise, so daß die Auffindung des Pilzes außerordentlich schwierig ist. Wir wurden nur dadurch auf ihn aufmerksam, daß wir systematisch auf Exkursionen reifende Luzula-Kapseln zwischen den Fingern zerdrückten. Im jungen Zustande enthalten die Kapseln an Stelle der drei Samenanlagen eine breiige, weiße Masse, die mit der Reife der Brandsporen in ein leichtzerstäubendes ockerbraunes Pulver übergeht. Nach Oudemanns sollen sich die infizierten Pflanzen durch einen schmächtigeren Wuchs und noch einige andere kleinere Merkmale von den gesunden unterscheiden. Wir konnten derartige Unterschiede in keiner Weise feststellen.

Diese Schwierigkeit, gesunde und kranke Pflanzen zu unterscheiden, mag es mit sich bringen, daß der Pilz bisher nur an wenigen Stellen beobachtet worden ist. Er ist gefunden worden:

1. In Holland auf Luzula campestris (L.) De C. (Oudem. 1895).
2. In Kurland, Kaiserwald bei Riga auf Luz. pilosa L. (Bucholtz u. Eckermann 1920).
3. In Schweden auf Luz. frigida Sam. (Vestergreen 1901).
4. In Schweden auf Luz. pilosa L. (Lagerheim 1909).
5. In Finnland auf Luz. pilosa L. (Liro 1924).
6. In Finnland auf Luz. multiflora (Hoffm.) Lej. (Liro 1924).

7. In Deutschland, Landsberg a. W. auf Luz. pilosa L. (Sydow 1904 in Mycotheka Marchica).

In Holland ist der Pilz nach freundlicher Mitteilung von Herrn. Dr. Boedijn-Amsterdam seit Oudemanns nicht wieder gefunden worden.

Wir fanden ihn in der Umgebung Rostocks auf den Wiesen zwischen Warnemünde und Markgrafenheide auf Luzula campestris (L.) De C. und im »Seltenen Holz« bei Markgrafenheide auf Luzula pilosa L. In der angrenzenden Rostocker Heide und in anderen Gegenden Mecklenburgs wurde der Pilz bisher nicht gefunden, so daß es sich hier um ein ganz isoliertes Vorkommen zu handeln scheint. Die vergleichende Untersuchung ergab, daß das Untersuchungsmaterial von den beiden verschiedenen Wirtspflanzen genau miteinander übereinstimmte. Auch eine physiologische Differenzierung dürfte ziemlich unwahrscheinlich sein, da sich die beiden Wirtspflanzen nur wenige 100 m voneinander entfernt fanden. Es wird daher in den folgenden Darlegungen keine Rücksicht genommen auf die Wirtspflanze des untersuchten Materials.

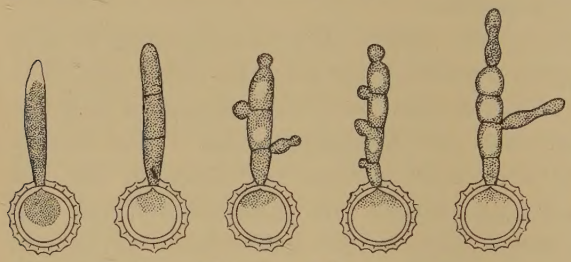

Abb. 1. Ustilago Vuijckii. Keimung der Brandsporen.

Die Struktur der Sporen entspricht vollkommen den Schilderungen der früheren Autoren. Die Sporen keimten leicht in destilliertem Wasser oder in 3proz. Malzlösung. Eine Ruheperiode, wie sie Liro für die Sporen aus Luzula multiflora angibt, ist nicht erforderlich. Sie bilden ein typisches 3- bis 4zelliges Promyzel, das am Ende einer jeden Zelle Sporidien abschnürt, die sich lebhaft durch Sprossung vermehren. Eine Kopulation der Sporidien oder der Promyzelzellen konnten wir in gleicher Weise wie Brefeld und Liro nicht finden. Die Keimungsstadien sind in Abb. 1 wiedergegeben.

Der wichtigste Teil unserer Untersuchung bezieht sich auf sporenbildende Myzel innerhalb der Kapsel. Man findet es in

reichlicher Menge in jungen, noch nicht gebräunten, grünen Luzula-Kapseln. Bevor auf die dabei erhaltenen Resultate näher eingegangen sei, dürften hier einige Bemerkungen über die Präpariermethoden am Platze sein. Fixiert wurde das Material mit schwächerem Flemmingschen Gemisch und mit der Fixierlösung von Bouin in der Allanschen Modifizierung.

Abb. 2. Ustilago Vuijckii. Junger Faden im Beginn der Sporenbildung.

Nach beiden Verfahren wurden gleichgute Färbungsresultate erzielt. Mikrotomschnitte erwiesen sich als vollkommen ungeeignet, da infolge der Spröde der Kapselwandung das Material beim Schneiden vollkommen zersplitterte und das Myzel dabei gänzlich zerschnitten wurde. Die besten Resultate ergab folgendes Verfahren: Der Inhalt der Luzula-Kapseln wurde in Wasser aufgeschwemmt und diese Aufschwemmung auf Objektträger übertragen, die mit einer dünnen Agarschicht überzogen oder mit Eiweißglyzerin bestrichen waren. Die Agar-

objektträger konnten nach leichtem Übertrocknen sofort der weiteren Behandlung unterzogen werden, die Eiweißglyzerinpräparate wurden noch nach dem Verfahren, wie es Kniep 1921 angegeben hat, mit einer Kollodiumhaut zur besseren Fixierung am Objektträger überzogen. Gefärbt wurde mit Eisenhämatoxylin nach Heidenhayn, wobei Beizdauer und Färbungszeit etwa 15 Minuten betrugen. Es gelang nicht, Bilder zu erhalten, bei denen die Kerne sowohl der jüngeren Stadien, als auch die der älteren Myzelfäden gleich deutlich gefärbt waren, da die jungen, bereits mit einer festen Membran umgebenen Sporen bedeutend langsamer ausdifferenzieren als die noch vollkommen glatten, dünnwandigen Zellen. Liro scheint dies, nach seinen Abbildungen zu urteilen, gelungen zu sein. Leider gibt er nicht an, mit welcher Färbungsmethode er diese Resultate erzielt hat.

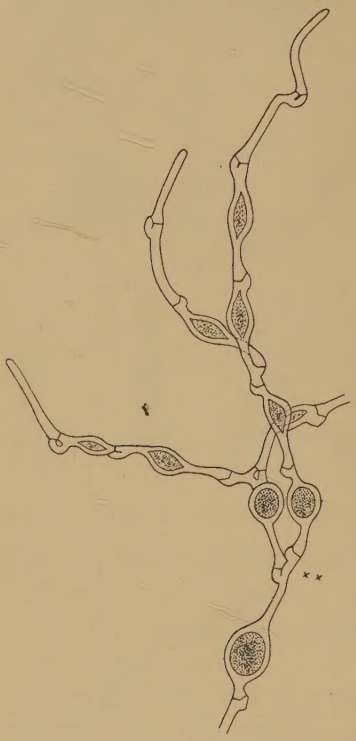

Abb. 3. Ustilago Vuijckii. Myzelfaden in der Sporenbildung.

Das sporenbildende Myzel innerhalb der Kapsel stellt sich als ein stark verfilztes Hyphengeflecht dar, dessen einzelne Fäden man aber durch das Zerzupfen leicht isolieren kann. In günstigen Stadien findet man innerhalb eines Fadens sämtliche Übergangsbilder von ganz dünnen Zellen, die noch keinerlei Anschwellung erkennen lassen, bis zu solchen, die bauchig erweitert in sich die Sporen ausreifen lassen (Abb. 2 und 3). An sämtlichen Querwänden lassen sich ohne Schwierigkeiten ganz charakteristische Schnallen erkennen. In allen Zellen, sowohl den ganz jungen als auch in den bereits zur Sporenbildung übergegangenen, fanden sich stets je zwei Kerne (Abb. 5). Die Schnallen entsprechen in allen ihren Einzelheiten denen

der Hymenomyzeten, auch darin, daß der kleinere stumpfe Winkel der Schnallenwände stets in der Wachstumsrichtung der Fäden liegt. Auch in ihrer Entstehungsgeschichte unterscheiden sie sich von den Hymenomyzeten-Schnallen in keiner Weise. Stets legt sich der Schnallenast nach rückwärts an den Faden an (Abb. 4). Des leichteren Verständnisses halber ist in den Fig. a—e der Abb. 6 eine schematische Darstellung der Entstehung von Hymenomyzeten-Schnallen gegeben, wie sie sich jetzt nach den Arbeiten von Kniep darstellt. Die paarkernige Myzelzelle (Fig. a) bildet beim Beginn der Teilung etwa in ihrer Mitte einen kleinen Schnallenast (Fig. b), der sich nach rückwärts an die Zelle anlegt. Gleichzeitig teilen sich die beiden Kerne, und zwar der eine Kern in der Wachstumsrichtung der Zelle, der andere in den Schnallenast hinein, so daß die beiden Kernspindeln einen spitzen Winkel miteinander bilden. Je ein »schwarzer« und »weißer« Tochterkern wandert in die Spitze der Mutterzelle (Fig. c), von den beiden übrigen begibt sich der »weiße« in den basalen Teil, während der »schwarze« im Schnallenast liegen bleibt. Direkt unterhalb der Ursprungsstelle des Schnallenastes wird eine Querwand angelegt (Fig. d). Fast gleichzeitig verschmilzt der Hyphenast mit der

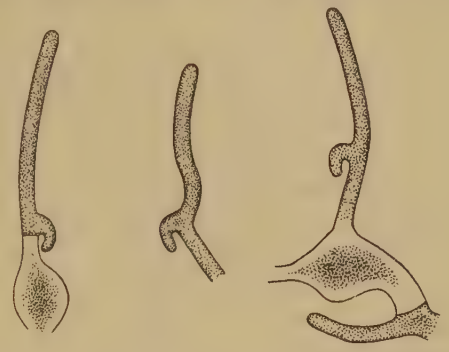

Abb. 4. Ustilago Vuijckii. Junge Schnallenäste.

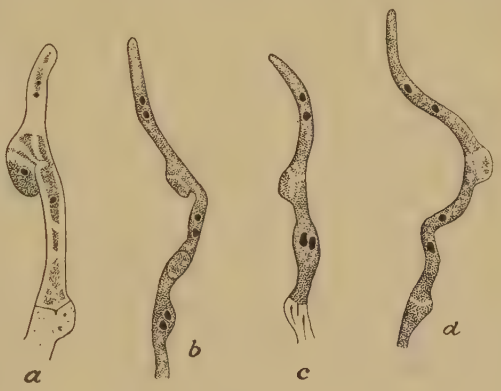

Abb. 5. Ustilago Vuijckii. Hyphenenden mit Paarkernen.

unteren Tochterzelle und die Schnalle wird durch eine schräg gestellte Querwand gegen die apikale Tochterzelle abgeschlossen (Fig. e). Damit ist die Schnallenbildung und die konjugierte Kernteilung beendet. Genau nach dem gleichen Schema ver-

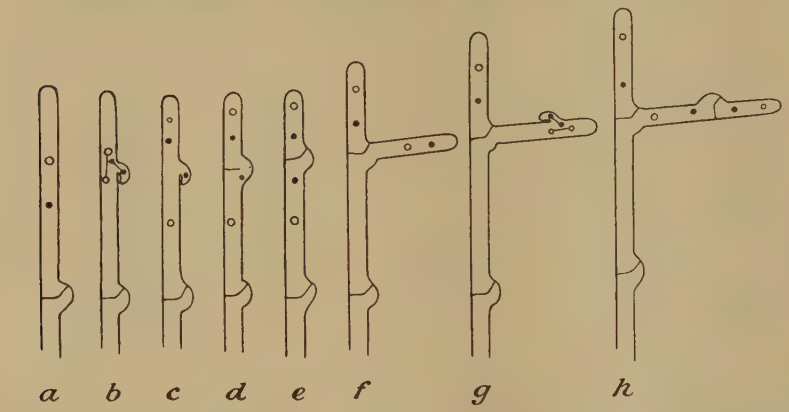

Abb. 6. Schema der Schnallenbildung bei den Hymenomyzeten. Erklärung s. Text.

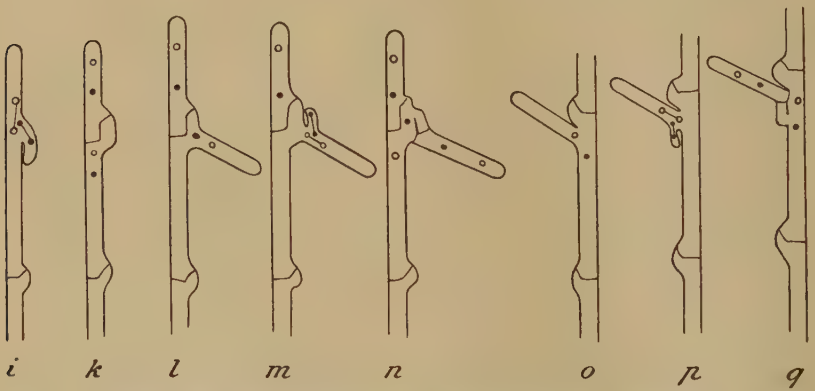

Abb. 7. Schema der Kernverhältnisse bei »auswachsenden« Schnallen (i—n) und bei interkalarer Verzweigung (o—q). Erklärung s. Text.

läuft auch die Zellteilung bei unserem Objekt. Allerdings scheinen die Teilungsvorgänge sehr schnell abzulaufen, so daß wir nur einige wenige beweiskräftige Bilder dafür geben können. In Abb. 5a hat sich der Schnallenast rückwärts an den Myzelfaden angelegt und die Kernteilung ist bereits vollendet. Zwei der Tochterkerne sind zur Spitze gewandert, der dritte liegt

im basalen Teil der Zelle, während sich der vierte im Schnallenast befindet. Die Querwand in der Zelle ist scheinbar in Bildung begriffen, da die beiden Tochterzellen nur noch durch eine kleine Plasmabrücke miteinander verbunden sind. Ebenso scheint nach den Lücken im Plasma zu urteilen, auch die schiefe Schnallenwand im Entstehen zu sein. Die Verschmelzung des Schnallenastes mit der unteren Tochterzelle ist noch nicht eingetreten. Das Endstadium der Teilung sind dann Bilder, wie sie in Abb. 5b—d wiedergegeben sind.

Sehr häufig geht bei der Ust. Vuijckii die Verzweigung des Myzelfadens von den Schnallen aus (Abb. 2, 3 bei xx, 8). Derartiges kommt auch bei den Hymenomyzeten vor und die Fig. f—h der Abb. 6 zeigen eine schematische Darstellung von solchen »auswachsenden« Schnallen, zusammengestellt nach den Arbeiten von Kniep. Bei der Ust. Vuijckii werden die Bilder dadurch kompliziert, daß mitunter die Schnalle des Seitenastes direkt auf der ersten Schnalle angelegt wird (Abb. 9a) und daß die Richtung der Seitenzweige nicht immer in einem spitzen Winkel zum Hauptast gerichtet ist, sondern gelegentlich zu einem rechten oder gar stumpfen Winkel übergehen kann (Abb. 9b). In dieser Abbildung ist die Wachstumsrichtung des Hauptfadens durch einen starken Pfeil markiert, die beiden Seitenäste gehen direkt nach rückwärts (schwache Pfeile). Schematisch sind die bei diesen beiden Komplikationen zu erwartenden Kernverhältnisse in den Fig. i—n der Abb. 7 wiedergegeben. In abgeschlossenen Stadien, die etwa der Fig. n entsprechen würden, ließen sich stets die erwarteten Paarkerne nachweisen. Die Mitosen selbst, der Fig. m entsprechend, kamen leider ebensowenig zur Beobachtung wie im obigen Falle.

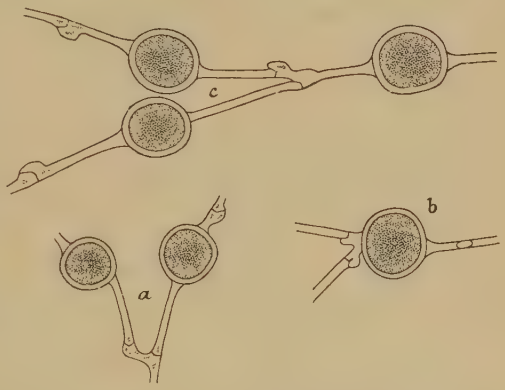

Abb. 8. Ustilago Vuijckii. Auswachsende Schnallen.

Neben dieser Verzweigung aus den Schnallen heraus kommt noch eine direkte interkalare Verzweigung vor, der Typus, der bei den Hymenomyzeten am häufigsten gefunden wird (Abb. 10). In Fig. a geht der Seitenast etwa von der Mitte der Mutterzelle aus. Fig. b zeigt eine Zelle, deren Plasma anfängt, sich zur Sporenbildung zusammenzuziehen, und die in ihrer Mitte einen interkalar entstandenen Seitenast abgibt. Reift nun eine derartige Zelle zur Spore aus, so kommt man zu den anfänglich etwas unverständlichen Bildern wie Abb. 11, bei der von der Sporenzelle noch ein Seitenast abgeht. Charakteristisch für alle interkalaren Verzweigungen ist es, daß sie keinerlei Querwände an der Abgangsstelle von der Mutterzelle erkennen lassen. Besonders komplizierte Bilder, die hiervon eine Ausnahme zu machen scheinen, wie Abb. 3 bei xx, 8a und 9a, kommen dadurch zustande, daß die Seitenäste ihre neuen Schnallen nicht in einiger Entfernung von der Abgangsstelle ausbilden, sondern sofort nach ihrem Heraustreten. Schematisch sind die bei der Entstehung dieser Abbildung anzunehmenden Kernverhältnisse in den Fig. o—q der Abb. 7 dargestellt.

Abb. 9. Ustilago Vuijckii. a) Auswachsende Schnalle. b) Verzweigung mit stumpfwinkligem Abgang der Seitenhyphe.

Jede paarkernige Parzelle ist dazu befähigt, eine Spore zu bilden. Ihr plasmatischer Inhalt ballt sich in der Mitte zusammen, wobei es zu einer erheblichen Anschwellung kommt, und um-

gibt sich mit einer festen Membran. Diese Membran besteht in der reifen Spore aus zwei deutlich voneinander getrennten Schichten. In der Schnalle bleiben bei der Sporenbildung häufig Plasmareste zurück, die in den Präparaten stark gefärbt erscheinen. Verhältnismäßig kurze Zellen werden in ihrer ganzen Länge zur Sporenbildung in Anspruch genommen. Im allgemeinen sind die Sporen durch mehr oder weniger lange, dünne Myzelfäden verbunden und dadurch deutlich voneinander getrennt. Zwischen zwei Sporen erkennt man dann meist noch die Schnalle. So findet man schließlich die reifen Sporen in perlkettenförmiger Anordnung hintereinander, bis schließlich

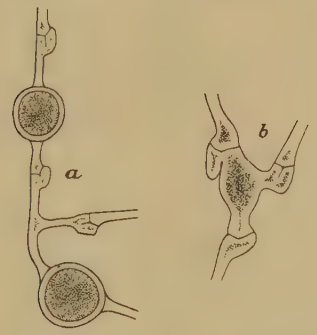

Abb. 10. Ustilago Vuijckii. Interkalare Verzweigung.

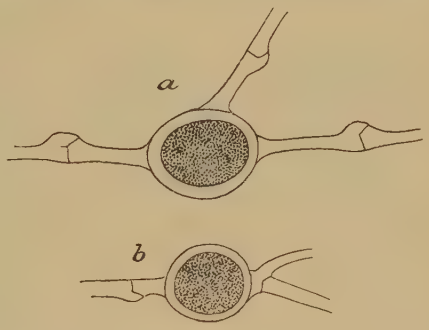

Abb. 11. Ustilago Vuijckii. Verzweigung von sporenbildenden Zellen.

die entleerten Myzelfäden zerfallen und die Sporen dadurch frei werden. Die Kernverhältnisse in den Sporen sind vollkommen normal und stimmen prinzipiell mit den bisherigen Beobachtungen an anderen Brandpilzen überein. Die beiden Kerne bleiben ziemlich lange nebeneinander bestehen und verschmelzen erst bei der Reife der Sporen miteinander (Abb. 12).

Ein Punkt der Biologie des Pilzes bedarf noch besonderer Erörterung. Wie anfangs erwähnt, enthalten die jungen Luzula-Kapseln eine weiße breiige Masse. Diese besteht nicht nur aus Myzelfäden mit Sporen in verschiedenen Entwicklungszuständen, sondern auch aus einer Unzahl von winzig kleinen hefeartig sprossenden Gebilden. Bereits Oudemanns hat die Vermutung ausgesprochen, daß es sich hierbei um eine Konidiengeneration des Pilzes handele. Er fand sie außer in den Kapseln

auch bereits in den Antheren. Wir konnten seine Angaben vollinhaltlich bestätigen. Im Frühjahr 1925 war eine größere Anzahl infizierter Pflanzen eingetopft worden, und diese konnten im Frühjahr 1926 bei ihrer Blüte genau untersucht werden. An ganz jungen infizierten Luzula-Blüten, bei denen sich eben der Griffel aus der Blüte herausstreckte, fand sich in den Antheren ein Schnallenmyzel und eine größere Menge dieser Konidien. In Zupfpräparaten ließ sich erkennen, daß diese Konidien teils von den Schnallenbuckeln, teils interkalar von den Myzelzellen abgeschnürt wurden (Abb. 13). Wenn auch eine zytologische Untersuchung des Myzels seinerzeit versäumt wurde, so ist doch wohl kaum zu bezweifeln, daß dieses Schnallenmyzel sich im Paarkernzustand befand. In den Konidien selbst ließ sich im allgemeinen nur ein Kern nachweisen (Abb. 14). Wenn gelegentlich zwei Kerne in einer Konidie zur Beobachtung kamen, so wird es sich hierbei um soeben geteilte Kerne handeln, die eine Sprossung einleiten. Wir kommen somit zu der Auffassung, daß dieses Paarkernmyzel hier wieder zu einer Aufspaltung in seine Haploidkomponenten gekommen ist, ein Befund, wie er bereits bei der Ust. longissima und var. macrospora von Bauch in Kulturen sichergestellt werden konnte. Eine gleiche Aufspaltung tritt auch in den Kapseln ein und die lebhaft sich vermehrenden Konidien bilden dann den Hauptteil der breiigen Masse der jungen Kapseln. Dieser Vergleich mit den Verhältnissen bei der Ust. longissima legt es nahe, bei diesen Gebilden nicht mehr von Konidien zu sprechen, sondern sie direkt als Sporidien aufzufassen, die durch

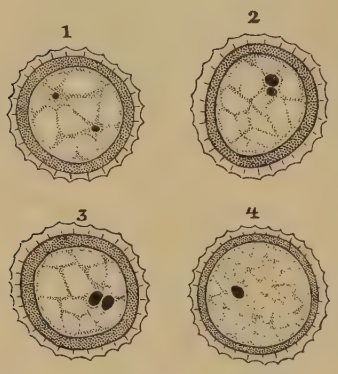

Abb. 12. Ustilago Vuijckii. Karyogamie in der reifenden Brandspore.

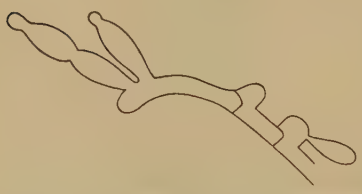

Abb. 13. Ustilago Vuijckii. Konidienabschnürung aus dem Schnallenmyzel in den Antheren.

eine Aufspaltung des Paarkernstadiums, das unter gewissen Wachstumsbedingungen zustande kommen kann, entstanden sind. Möglicherweise können diese Sporidien durch Insekten übertragen werden und Neuinfektionen hervorrufen.

Mit diesen Befunden wäre der Entwicklungsgang der Ust. Vuijckii im wesentlichen geklärt. Nur ein Punkt bedarf noch weiterer Untersuchung, die Frage nämlich nach der Entstehung der Paarkernigkeit des Myzels. Weder bei den aus dem Promyzel entstandenen Sporidien, noch bei den durch Aufspaltung hervorgegangenen Sporidien ließ sich eine Kopulation nachweisen. Die Ust. Vuijckii gehört also ebenso wie die Ust. Maydis zu der Gruppe von Ustilago-Arten, bei denen keine Sporidienkopulation vorkommt. Bei keinem einzigen Pilz dieser Gruppe ist die Entstehung des Paarkernmyzels bisher geklärt. Die Beobachtungen Rawitschers an der Ust. Maydis erklären sich nach den weiter unten mitgeteilten Befunden in ganz anderer Weise. Anzunehmen wäre aber für die ganze Gruppe, daß innerhalb der Wirtspflanze eine Zellverschmelzung in irgendeiner Weise vor sich geht, von der aus das Paarkernstadium dann seinen Ursprung nimmt.

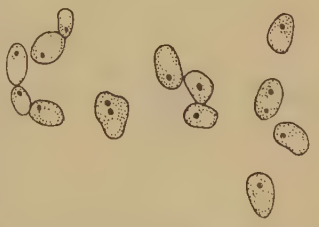

Abb. 14. Ustilago Vuijckii. Konidien aus den Antheren.

Von diesen Beobachtungen aus können wir zu den Befunden Liros und seinen Schlußfolgerungen Stellung nehmen. Die wichtigsten Bilder, auf die sich seine Deutung stützt, sind in Abb. 15 wiedergegeben. »Wenn die Zellen der sporenbildenden Hyphen so jung sind, daß man noch keine Anschwellungen an ihnen wahrnehmen kann, findet man in den Zellen zwei ganz winzige Kerne, die reihenweise gelagert sind (s. Fig. a der Abb. 15), und von den von Oudemanns entdeckten Schnallen ist nichts zu sehen. Sobald aber die Zellen der Hyphenzweige ein klein wenig anzuschwellen begonnen haben, wächst ein kurzes Hyphenästchen aus der unteren Zelle, krümmt sich über die Scheidewand der apikalen Zelle zu, drückt gewaltsam mit seinem fein zugespitzten Ende gegen die Membran derselben, diese bisweilen ein wenig einbuchtend, und durch-

stößt schließlich die Membran.« Durch diese Schnalle soll von der basalen Zelle zur apikalen Zelle ein Kern übergeleitet werden (Fig. b), so daß diese letztere dann drei Kerne enthält. Einer dieser Kerne soll dann durch erneute Schnallenbildung apikalwärts an die nächst jüngere Zelle abgegeben werden. Schließlich ist jede Zelle zweikernig und die beiden Kerne verschmelzen dann bei der Sporenreife miteinander. Über das Schicksal des in die jüngste Zelle eines Fadens beförderten dritten Kernes äußert sich Liro nicht. Er deutet seine Beob-

Abb. 15. Ustilago Vuijckii. Abbildungen von Liro.

achtungen dahin, daß die Schnallen als Antheridien aufzufassen sind, die die sporenbildenden Zellen, die Oogonien, befruchten. Unsere Ergebnisse unterscheiden sich von Liros Darlegungen also in folgenden Punkten:

1. An den ganz jungen Myzelfäden sollen sich noch keine Schnallen finden, sondern die Zellen sollen durch glatte Querwände voneinander getrennt sein. Wir fanden an den jüngsten Myzelzellen stets derartige Schnallen.
2. Die Schnallen sollen sich **mit** der Wachstumsrichtung von der basalen zur apikalen Zelle herüberlegen. Wir fanden ganz im Gegenteil, daß sich die Schnalle **gegen** die Wachstumsrichtung rückwärts an den Myzelfaden anlegt.

3. Die Schnallenbildung soll sich nur an den älteren, bereits angeschwollenen und teilweise zur Sporenbildung übergegangenen Zellen beobachten lassen. Wir fanden die Ausbildungsstadien der Schnallen nur an der jüngsten Zelle des Fadens, bzw. an sekundären Neuverzweigungen des Fadens.
4. Liros Abbildungen zeigen den kleineren stumpfen Winkel der Schnallenwand, der uns die Wachstumsrichtung des Fadens anzeigte, überhaupt nicht oder nur andeutungsweise.
5. Dreikernige Zellen konnten wir nie antreffen.
6. Kernverschmelzung findet sich bei Liro bereits in jungen, eben anschwellenden Zellen, während wir sie nur in älteren, fast reifen Sporen, die schon die Sporenmembran fertig ausgebildet hatten, antreffen konnten.

Es erscheint müßig, hier im einzelnen die Ursachen dieser gegensätzlichen Beobachtungen diskutieren zu wollen. Daß die verschiedenen Rassen des Pilzes, die Liro und uns zur Untersuchung vorgelegen haben, sich in diesen prinzipiell wichtigen Dingen so grundverschieden verhalten sollen, ist kaum anzunehmen. So steht hier Beobachtung gegen Beobachtung, und nur ein Vergleich beider Materiale oder eine spätere Nachuntersuchung können diese Gegensätze klären. Damit erübrigt es sich auch, zu Liros systematisch-phylogenetischen Schlußfolgerungen Stellung zu nehmen.

Ustilago Maydis Corda.

Dieser bekannte Brandpilz kann als Typus einer ganzen Reihe von Ustilago-Arten hingestellt werden, bei denen bisher keinerlei Kopulation der Sporidien nachgewiesen werden konnte. Während bei den Ustilago-Arten mit kopulierenden Sporidien wie Ustilago violacea die Entstehung des Paarkernstadiums mit dieser Kopulation gegeben ist, ist die Entstehung dieses Stadiums bei dem Ustilago Maydis-Typ vorläufig noch nicht geklärt. Allerdings hat vor kurzem Sartoris die Angabe gemacht, daß die Sporidien des Maisbrandes auf Glyzerin-Agar kopulierten und ein Paarkernmyzel bildeten. Doch ist diese wichtige Angabe weder durch Zeichnungen noch durch genauere

Schilderungen belegt. Da bisher keinem der vielen Untersucher dieses Pilzes Kopulationen zu Gesicht gekommen sind, und auch nach den Erfahrungen von Herrn Dr. Bauch, der verschiedenartigstes Pilzmaterial untersucht hat, unter den verschiedenen Bedingungen, unter denen andere Brandpilze leicht zur Kopulation zu bringen sind, nicht auftreten, kann diese Angabe als zweifelhaft vorläufig dahingestellt bleiben. Rawitscher macht als einziger Angaben über das Zustandekommen des Paarkernmyzels. Nach ihm soll das Myzel innerhalb der Wirtspflanze einkernig sein und kurz vor der Sporenbildung soll durch Wandauflösung zwischen zwei benachbarten Zellen ein Kernübertritt stattfinden. Die dadurch zweikernig gewordene Zelle soll sofort zur Brandsporenbildung übergehen. Nur in seltenen Fällen soll dieses Paarkernstadium sich durch konjugierte Kernteilung weiter vermehren können.

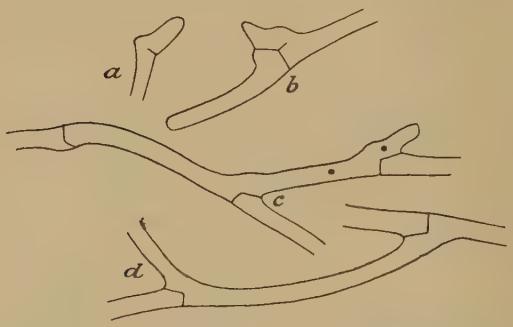

Abb. 16. Ustilago Maydis. Schnallenführendes Myzel aus jungen Brandlagern.

Leider stand uns für unsere Untersuchungen nur ein ziemlich altes, in Alkohol fixiertes Material zur Verfügung, doch ließ sich daran im Zupfpräparate die äußere Morphologie des Myzels noch ohne Schwierigkeiten erkennen. Kernfärbungen gelangen nur in ungenügendem Maße. Der überraschendste Befund war der, daß das junge, noch nicht zur Sporenbildung schreitende Myzel in der Wirtspflanze deutliche, große, wohl ausgebildete Schnallen an jeder Querwand aufweist (Abb. 16) — die schönsten, die wir überhaupt im Laufe unserer Untersuchung fanden. Fig. a zeigt eine erst in Bildung begriffene Schnalle an der Endspitze eines Fadens, Fig. b eine fertige Schnalle, die gerade im Begriff ist, vom Schnallenbuckel in derselben Weise wie die Ust. Vuijckii eine Seitenverzweigung zu treiben. Fig. c und d geben Teilstücke von Myzelfäden mit jeweils deutlichen Schnallen

wieder. Exakte Kernfärbungen gelangen an dem alten Material im allgemeinen nicht mehr, doch ließen sich gelegentlich Paarkerne in einzelnen Zellen nachweisen (Abb. 16c). Schreitet der Pilz zur Sporenbildung, dann bildet sich ein dichter Ballen von verfilzten Myzelfäden, deren Zellwände außerordentlich stark verschleimen. Der plasmatische Inhalt kontrahiert sich dabei, und durch die Verschleimung werden die Zellwände mit samt den Schnallen undeutlich. Nur gelegentlich gibt ein in den Schnallenbuckel hineinreichender plasmatischer Fortsatz noch die letzte Andeutung der ursprünglichen Schnalle (Abb. 17). Zur Sporenbildung selbst runden sich die einzelnen Zellen ab unter Bildung einer festen Membran und bilden dann das bekannte lockere Brandsporenpulver.

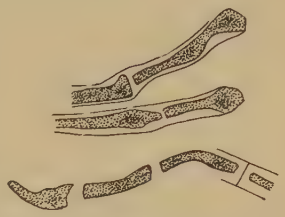

Abb. 17. Ustilago Maydis. Verschleimendes Schnallenmyzel bei Beginn der Sporenbildung.

Prinzipiell neu ist also an unseren Untersuchungen der Nachweis eines paarkernigen Schnallenmyzels in der Wirtspflanze bereits lange vor der Sporenbildung. In unserem Material muß also die Paarkernigkeit des Schnallenmyzels schon sehr früh vor der Sporenbildung zustande gekommen sein und damit steht unser Befund im Gegensatz zu den Schilderungen Rawitschers, nach dem das Paarkernstadium erst kurz vor der Sporenbildung einsetzt. Leider konnten wir die gesamte Entwicklungsgeschichte des Pilzes mangels gut fixiertem Materials nicht studieren, doch scheint es aus den Abbildungen Rawitschers hervorzugehen, daß auch ihm bereits Schnallen vorgelegen haben, die er aber nicht richtig erkannt hat. So zeigt seine Textfig. 5 eine Hyphenzelle, die mit einem regelrechten Schnallenbuckel der nächsten Zelle anliegt. Auch in den verschiedenen Zellen der Fig. 3 seiner Taf. 8 scheinen einzelne Zellen als letzte Andeutung der Schnalle den plasmatischen Buckel zu zeigen, wie er in unserer Abb. 17 wiedergegeben ist. Wieweit seine anderen Befunde mit unseren Beobachtungen in Einklang zu bringen sind, läßt sich im Augenblick nicht übersehen, sondern fordert zur erneuten Untersuchung des Pilzes heraus, die wir uns für später vorbehalten möchten.

Doassansia Sagittariae (Westendorp) Fisch.

Dieser Pilz war das erste Objekt, bei dem uns ein glücklicher Zufall auf das Vorhandensein von Schnallen aufmerksam machte. Zum genaueren Studium ihrer Entstehungsgeschichte eignete sich der Pilz aber wegen des geringen Durchmessers seiner Hyphen nicht weiter, und erst die Klarstellung der Verhältnisse bei der Ust. Vuijckii ermöglichte eine Deutung der verschiedenen, bei ihm erhaltenen Bilder. Das Material für die

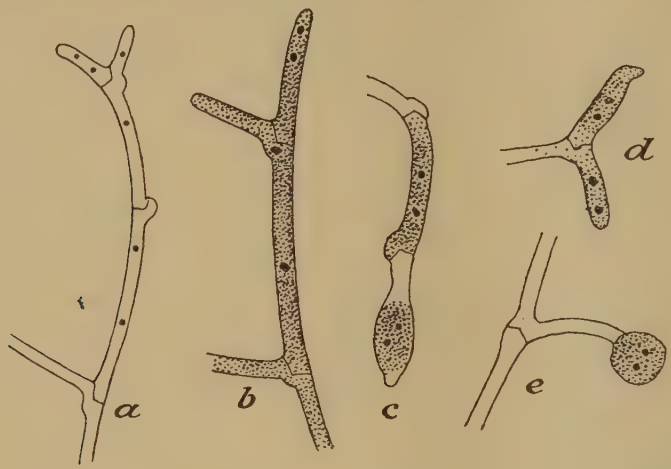

Abb. 18. Doassansia Sagittariae. a und b) Paarkernmyzel. c, d und e) Beginn der Sporenbildung.

Untersuchung stand uns in reichlichen Mengen von der im botanischen Garten kultivierten Sagittaria sagittifolia zur Verfügung, auf der der Pilz Jahr für Jahr wieder auftrat. Zupfpräparate orientierten auch hier über die äußere Morphologie der Myzelien, mit Eisenhämatoxylin gefärbte Schnitte lieferten die zytologische Ergänzung dazu. Die Myzelzellen besitzen durchgehend zwei Kerne, und an jeder Querwand ist deutlich eine Schnalle zu erkennen (Abb. 18a und b). Aussprossungen der Schnallen zu Seitenästen sind sehr häufig, man kann sagen, sie treten regelmäßig auf (Abb. 18a, b, d und e, Abb. 19). Die Schnalle wächst schon kurz nach ihrem Abschluß aus, und die junge Zelle kann dann eine beträchtliche

Länge erreichen, ehe eine neue Schnalle gebildet wird. Daneben finden sich, wenn auch verhältnismäßig selten, Seitenäste, die aus der Mitte einer Zelle entspringen. Abb. 19d zeigt bei x ein Bild, in welchem kurz hintereinander zwei solche »glatte« Verzweigungen zu sehen sind. Zur Sporenbildung wird ein äußerst dichtes Geflecht von Pilzhyphen angelegt, in dem eine Orientierung und ein Verfolgen der einzelnen Fäden geradezu unmöglich ist, wie es auch Brefeld schon festgestellt hat. Jedoch im Gegensatz zu seinen Mitteilungen entstehen die Sporen nach meinen Beobachtungen ausschließlich in apikalen

Abb. 19. Doassansia Sagittariae. Myzel aus der Wirtspflanze.

Zellen, die dann gewöhnlich ziemlich kurz bleiben (Abb. 19c, d, e). Das Plasma wandert mit den beiden Kernen in die Spitze, diese schwillt an und rundet sich ab unter Bildung einer festen Membran. Bei der Reife verschmelzen dann, wie auch bei den übrigen Brandpilzen, die beiden Kerne miteinander. Die reifen Sporen liegen dicht aneinandergedrängt in rundlichen Ballen. Die Entstehung dieser Gebilde geht nach meinen Befunden in folgender Weise vor sich: Die Myzelzellen verzweigen sich sehr stark, bleiben aber verhältnismäßig kurz, so daß eine ungewöhnlich große Anzahl apikaler Zellen gebildet wird, welche zur Anlage von Sporen befähigt sind. Diese schwellen beim Reifen stark an und drücken die leeren Reste der Myzelfäden

zusammen. In jungen Sporenballen lassen sich häufig noch solche Hyphenreste erkennen, später verschwinden diese ganz, und die Sporen schließen sich mit polyedrischer Gestalt eng aneinander, und zwar werden sämtliche Sporen eines Ballens auf diese Weise gebildet. In der äußersten Sporenschicht jedoch geht der Zellinhalt später zugrunde und diese sterilen Sporen sind dann mit Luft angefüllt und dienen als Schwimmkörper, welche nach dem Zerfall der Blätter im Wasser den Sporenballen an die Oberfläche tragen. Dort keimen die Sporen und können durch die Sporidien Neuinfektionen von jungen Blattanlagen hervorrufen. Die Keimung der Brandsporen ist von Brefeld eingehend beschrieben, eine Kopulation der Sporidien konnte nicht beobachtet werden. So bleibt auch bei diesem Pilz die Frage nach der Entstehung des Paarkernstadiums offen.

Beobachtungen an anderen Brandpilzen.

Sämtliche bisher behandelten Brandpilze besitzen die Eigentümlichkeit, daß weder ihre Promyzelzellen noch ihre Sporidien miteinander kopulieren. Um nicht etwa zu Trugschlüssen zu gelangen, war es daher notwendig, auch eine Reihe von kopulierenden Brandpilzen in den Kreis der Untersuchung zu ziehen. Es zeigte sich — um das Resultat gleich vorweg zu nehmen — daß hier überall dieselben Verhältnisse vorlagen wie bei den vorstehend beschriebenen Arten. Von Ustilago longissima (Sow.) Tul. und Ustilago grandis Fries lagen mit Eisenhaematoxylin gefärbte Präparate vor, in denen sich Schnallen und Paarkerne nachweisen ließen (Abb. 20c und 21). Die ebenfalls kopulierende Ustilago pustulata (De Candolle) Winter ließ selbst im Herbarmaterial noch Schnallen erkennen. Bei Ustilago violacea (Persoon) Fuckel glückte allerdings der Nachweis von Schnallen nicht. Selbst in den jugendlichsten Antheren, die wir untersuchten, war die Myzelmasse bereits im Stadium der gallertigen Verquellung der Wände und dabei verschwinden die Schnallenbuckel und Querwände vollkommen. Andererseits ist in noch jüngeren Stadien, in denen die Pollenmutterzellen der Antheren vom Pilz noch nicht überwuchert sind, die Myzelmenge so gering und die Hyphen so dünn, daß allein dadurch die Beobachtung außerordentlich erschwert wird.

So mag Ustilago violacea an sich ein sehr ungünstiges Objekt zum Nachweis der Schnallen darstellen. Die Befunde an den anderen kopulierenden Ustilago-Arten machen es aber höchst wahrscheinlich, daß auch bei dieser Art bei eingehender Untersuchung die Schnallen zu finden sein werden. Von anderen Ustilago-Arten ist noch Ustilago striaeformis (Westendorp) Niess zu erwähnen, bei der ebenfalls Schnallen nachgewiesen wurden. Von Tilletiaceen wurden folgende Formen untersucht und bei allen Schnallen gefunden: Tilletia Rauwenhoffii F. de W., Urocystis Anemones (Persoon) Winter (Abb. 20a und b), Entyloma Calendulae (Oudemanns) De Bary (Abb. 22), Entyloma Ranunculi (Bonorden) Schroeter, Entyloma Chrysosplenii (Berk. et Br.) Schroeter, Tuburcinia Trientalis Berk. et Br. und Tuburcinia primulicola (Magnus) Kühn. Auch bei Tilletiaceen treten also die Schnallen sowohl bei kopulierenden wie bei nicht kopulierenden Formen auf. Die Untersuchung geschah bei allen Formen nach Zupfpräparaten von ganz jungen Brandsporenlagern, die mit Gentianaviolett zur besseren Hervorhebung des Pilzmyzels angefärbt wurden. Sehr schöne Übersichtsbilder bekommt man bei den Entyloma-Arten, wenn man die Blattepidermis über einer Infektionsstelle abzieht. Bei Entyloma Calendulae konnte ebenfalls die Bildung des Schnallenbuckels gegen die Wachstumsrichtung des Fadens beobachtet werden (Abb. 22b). Eine eingehende Beschreibung der Befunde würde nur zu Wieder-

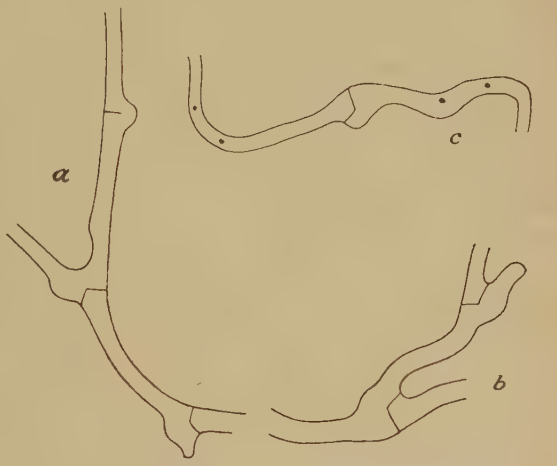

Abb. 20. a und b) Urocystis Anemones. Schnallenmyzel. c) Ustilago grandis. Schnallenmyzel mit Paarkernen.

holungen des oben bereits gesagten führen und so sei nur auf die beigefügten Abbildungen verwiesen. Hervorzuheben ist nur noch Tuburcinia primulicola, deren Myzel aus ganz jungen Antheren der Wirtspflanze untersucht wurde. Auch hier waren die typischen Schnallen zu finden, aber nur in geringer Anzahl. Die meisten Querwände waren »glatte« Querwände oder Übergangsformen zwischen glatten Wänden und gewinkelten Schnallenwänden. Der Winkel der Querwand war dann nicht mehr scharf ausgesprochen, sondern leicht abgerundet. In anderen Fällen war der Kreisbogen, den die abgerundete Schnallenwand beschrieb, so weitgehend abgeflacht, daß er beinahe schon als »glatte« Querwand erschien und nur die verschiedenen Ansatzstellen der Querwand noch auf ihre Entstehung aus einer Schnallenwand hinwies. Sekundäre Veränderungen der Schnallenwände bei den mannigfachen Wachstumsbiegungen der Fäden können hier also die Schnallen vollkommen maskieren, wie es sich in genau gleicher Art auch bei den verschiedensten Hymenomyzeten beobachten läßt.

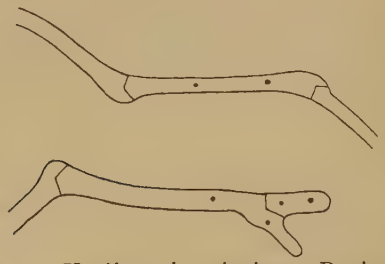

Abb. 21. Ustilago longissima. Paarkernmyzel mit Schnallen.

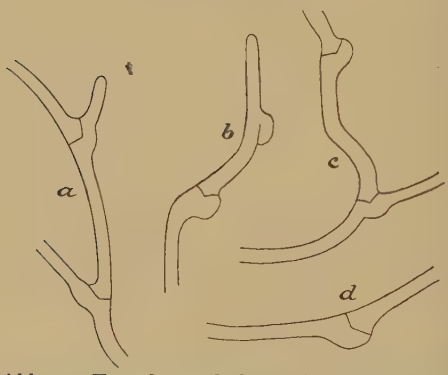

Abb. 22. Entyloma Calendulae. Schnallenmyzel.

Schlußbetrachtungen.

Es ist kaum zu bezweifeln, daß die Schnallenbildung bei den Brandpilzen eine allgemein verbreitete Erscheinung ist, wenn auch vorläufig nur für eine kleinere Anzahl von ihnen der sichere Nachweis geführt wurde. Die Entstehung der Ustilagineen-Schnallen entspricht vollkommen bis in alle

Einzelheiten denen der Hymenomyzeten-Schnallen (s. S. 584). Ebenso wie diese treten die Ustilagineen-Schnallen nur im Paarkernstadium bei der konjugierten Teilung der Paarkerne auf. Damit ist ein weiteres Merkmal gefunden, das die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Hymenomyzeten und den Ustilagineen sichert. Es ist auffallend, daß dieses Merkmal bisher allen Untersuchungen der Brandpilze entgangen ist. Es mag dies mit der Kleinheit des Paarkernmyzels und der Schwierigkeit, es innerhalb der Wirtspflanze auf längere Strecken zu verfolgen, zusammenhängen. Ein Übersehen der Schnallen ist auch dadurch leicht möglich, daß sie in den dünnen Myzelfäden nur dann deutlich werden, wenn man sie in der Seitenansicht zu Gesicht bekommt. In der Aufsicht erscheinen sie wie bei den Hymenomyzeten nur als einfache runde Kreise, wie sie unsere Abb. 8b auch zeigt. Gelegentlich scheinen sie allerdings von älteren Autoren auch bereits gesehen zu sein, aber nicht weiter Beachtung gefunden zu haben. So bildet Brefeld in Band 11 seiner Untersuchungen auf Tafel II, Fig. 10 das Myzel des Maisbrandes jeweils mit kleinen Buckeln ab, die den Schnallenbuckeln zu entsprechen scheinen. Auch Lutman bildet anscheinend ganz typische Schnallen von Entyloma Nymphaeae (Fig. 49, 51, 52, 54, 55), Urocystis Anemones (Fig. 26) und Ustilago levis (Fig. 14) ab, ohne sie genauer zu beschreiben.

Wenn bisher die Zuteilung der Ustilagineen zu den Basidiomyzeten im wesentlichen auf Grund des Vergleiches der Morphologie der Basidien geschah, so tritt das Merkmal der Schnallenbildung dem vollwertig an die Seite. Innerhalb der Basidiomyzeten sind die Schnallen in fast allen Gruppen vorhanden, auch, was besonders wichtig ist, in den Familien mit vereinfachter Basidienform, den Tremellaceen und Auriculariaceen. Bei einigen Gruppen der Gastromyzeten scheinen sie zu fehlen. Es fehlt dann nur noch die Gruppe der Uredineen im Gesamtumkreis der Basidiomyzeten, von der wir über das Vorkommen von Schnallen noch nicht orientiert sind. Allerdings liegt auch darüber eine kurze Mitteilung von Voß vor, der schnallenähnliche Gebilde sowohl im Aecidiosporen, als auch im Uredosporen bildenden Myzel auf-

fand. Da nun bei den Hymenomyzeten und bei den Ustilagineen die Schnallen gerade ein Charakteristikum des diploiden Paarkernmyzels sind, erscheint diese Angabe von Schnallen im haploiden aecidiosporenbildenden Myzel besonders auffällig. Man wird deshalb noch weitere und vor allem entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen abwarten müssen, bis man das Vorkommen von Schnallen bei den Rostpilzen für eine gesicherte Tatsache ansehen kann.

Welche physiologische Bedeutung den Schnallen zuzusprechen ist, ist nach den Untersuchungen der letzten Jahre besonders von Kniep und Brunswik schwer zu sagen. Man pflegt die Schnallenbildung immer als einen besonderen Mechanismus aufzufassen, der den komplizierten Vorgang der konjugierten Kernteilung gewährleisten soll. Daß mit dieser Auffassung aber nicht der Kernpunkt des Ganzen getroffen ist, zeigt einmal die Fähigkeit verschiedener Hymenomyzeten, unter bestimmten Bedingungen konjugierte Kernteilungen auch ohne Ausbildung von Schnallen zu vollführen (Kniep 1918) und weiter die Befunde von Brunswik, der in der Gattung Coprinus nebeneinander schnallenführende und schnallenlose heterothallische Arten fand. So muß vorläufig diese Frage nach der Bedeutung der Schnallen offen bleiben, bis wir durch eingehendere physiologische Untersuchungen darüber weiter aufgeklärt werden.

Zusammenfassung.

1. Bei allen im vorstehenden untersuchten Brandpilzen sowohl aus der Familie der Ustilaginaceen wie der Tilletiaceen konnte im Paarkernmyzel innerhalb der Wirtspflanze das regelmäßige Auftreten von Schnallen nachgewiesen werden. Sie fanden sich sowohl bei Arten mit Sporidienkopulation als auch bei solchen, bei denen die Sporidienkopulation fehlt.
2. Bei Ustilago Vuijckii konnte die Entstehungsgeschichte der Schnallen genau studiert werden. Es zeigte sich, daß die Ustilagineen-Schnallen in allen Einzelheiten denen der Hymenomyzeten entsprechen. Der Versuch Liros, die Schnallen als antheridienähnliche Sexualorgane aufzufassen und damit den Brandpilzen verwandtschaftliche Beziehungen zu den Phycomyzeten, und besonders den

Peronosporaceen und Saprolegniaceen zuzuschreiben, muß auf Grund unserer Beobachtungen abgelehnt werden.

3. Die Frage, wie bei den Arten ohne Sporidienkopulation (Ust. Maydis-Typ) das Paarkernstadium zustande kommt, konnte auch durch unsere Untersuchungen nicht geklärt werden und muß weiterer Prüfung überlassen bleiben.
4. Das Vorkommen der Schnallen bei den Brandpilzen ist somit ein wichtiges systematisches Merkmal für die Einreihung der Brandpilze in die Gruppe der Basidiomyzeten.

Rostock, Botanisches Institut der Universität.

Zitierte Literatur.

Bauch, R. 1922. Kopulationsbedingungen und sekundäre Geschlechtsmerkmale bei Ustilago violacea. Biol. Zentralbl. **42.**

—, 1923. Über Ustilago longissima und ihre Varietät macrospora. Zeitschr. f. Bot. **15.**

Brefeld, O. 1883. Untersuchungen a. d. Gesamtgebiete der Mykologie. Heft 5. Brandpilze I.

—, 1895. Heft 11/12. Brandpilze II—III.

Brunswik, H. 1924. Untersuchungen über die Geschlechts- und Kernverhältnisse bei der Hymenomyzetengattung Coprinus. Heft 5 d. botanischen Abhandlungen, herausgegeben von K. Goebel. Jena.

Bucholtz u. Eckermann. 1920. Über die Verbreitung der Brandpilze im Ostbaltikum. Sitzgsber. d. Naturforscher-Ges. bei der Universität Dorpat. **24.**

Kniep, H. 1915. Beiträge zur Kenntnis der Hymenomyzeten III. Zeitschr. f. Bot. **7.**

—, 1917. Beitr. z. Kenntn. d. Hymenomyzeten V. Ebenda. **9.**

—, 1918. Über die Bedingungen der Schnallenbildung bei den Basidiomyzeten. Flora. N. F. **11—12.**

—, 1919. Untersuchungen über den Antherenbrand (Ust. violacea Pers.). Zeitschr. f. Bot. **11.**

—, 1921. Über Urocystis Anemones (Pers.) Winter. Ebenda. **13.**

Liro, J. J. 1924. Die Ustilagineen Finnlands. Helsinski.

Lutmann, B. F. 1910. Some contributions to the life history and cytology of the smuts. Transactions of the Wisconsin Academy. **16.**

Oudemanns, C. A. J. A. 1895. Over twee nog onbekende fungi: Septoria Dictyotae en Ustilago Vuijckii. Verslagen van de Zeittingen der Wis — en Natuurk. Afd. van de Koninkl. Akad. Amsterdam. **3.**

Rawitscher, F. 1912. Beiträge zur Kenntnis der Ustilagineen. Zeitschr. f. Bot. **4.**

—, 1922. Beiträge zur Kenntnis der Ustilagineen II. Ebenda. **14.**

Sartoris, George B. 1924. Studies in the life history and physiology of certain smuts. Amer. Journ. of Bot. **11.**

Sydow, P. Mycotheca marchica.

Voß, W. 1903. Über Schnallen und Fusionen bei den Uredineen. Ber. d. d. bot. Ges. **21.**

Lebenslauf.

Ich wurde am 23. Juni 1899 als Sohn des Apothekenbesitzers Richard Seyfert und seiner Frau Lilli geb. Oeser geboren. Meine Schulbildung erhielt ich am Gymnasium zu Mühlhausen i. Th. Im Herbst 1915 verließ ich die Schule, um mich dem Apothekerberufe zu widmen. Nach zweijähriger Lehrzeit in Mühlhausen und Coburg wurde ich im Herbst 1917 zum Heere eingezogen. Während meiner Militärzeit legte ich im Juni 1918 in Gent die Kriegsreifeprüfung ab. Nach meiner Rückkehr aus englischer Gefangenschaft im Herbst des Jahres 1919 wandte ich mich wieder meinem Berufe zu, bestand im März 1920 in Weimar die pharmazeutische Vorprüfung, bezog im Wintersemester 1921 die Universität Marburg und absolvierte dort im Frühjahr 1923 das Staatsexamen. Darauf war ich in verschiedenen Apotheken als Assistent tätig, bis ich im Sommersemester 1924 in Rostock meine Studien wieder aufnahm und dort bis zum Sommersemester 1926 besonders am Botanischen Institut arbeitete.

Meine Lehrer waren: In Marburg die Herren Professoren Gadamer, Claußen, Nordhausen, Schäfer, in Rostock von Guttenberg, Stoermer, Walden, Füchtbauer und Bauch.

Rostock im Juni 1927.

Richard Seyfert.

Fürstl. priv. Hofbuchdruckerei (F. Mitzlaff) Rudolstadt